

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 454 697

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 10068

(54)

Procédé de formation d'une couche épitaxiée homopolaire sur un substrat semiconducteur.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 L 21/22.

(22)

Date de dépôt..... 20 avril 1979, à 15 h 20 mn.

(32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 46 du 14-11-1980.

(71)

Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, SA, résidant en France.

(72)

Invention de : André Peyre-Lavigne.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Thomson-CSF, Michel de Beaumont, SPI-C, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

La présente invention concerne un procédé de fabrication de dispositifs semiconducteurs comprenant une couche épitaxiée homopolaire et plus particulièrement le cas où cette couche épitaxiée doit avoir une résistivité relativement élevée.

5 On entend par couche épitaxiée homopolaire une couche formée par épitaxie sur un substrat, le substrat et la couche épitaxiale ayant le même type de conductivité mais des niveaux de dopage distincts. Par exemple, le substrat peut être du type N^+ ou P^+ et la couche épitaxiale de type N ou P, respectivement.

10 Une épitaxie se réalise dans un réacteur. Comme le montre la figure 1, le substrat 1 sur la face supérieure duquel on peut former la couche épitaxiée est posé sur un support ou susceptible 2. Ce susceptible est généralement constitué de carbure de silicium (SiC). Au cours du processus d'épitaxie,
15 l'ensemble substrat-suscepteur est chauffé. Les deux procédés les plus classiques sont des procédés de chauffage par infrarouges et de chauffage par hautes fréquences. Dans le cas d'un chauffage par infrarouges, la face supérieure du susceptible, c'est-à-dire la face en contact avec le substrat, se trouve à
20 une température inférieure à celle de la face supérieure du substrat. Dans le cas d'un chauffage par hautes fréquences (HF), à l'inverse, la face supérieure du susceptible se trouve à une température supérieure à celle de la face supérieure du substrat. Il se produit ainsi dans les deux cas un gradient de température
25 à l'intérieur du substrat. Pour donner des ordres de grandeur, on peut considérer que, dans le cas d'un chauffage par infrarouges, si la face supérieure du susceptible se trouve à 1160°C , la face supérieure du substrat se trouvera à 1180°C . Inversement, dans le cas d'un chauffage HF, si le susceptible se trouve à une
30 température voisine de 1200°C , la face supérieure du substrat se

trouvera à une température voisine de 1150°C . Il résulte de ces gradients de température, qu'au cours de l'épithaxie et en présence de HCl et de SiCl_4 ou SiHCl_3 , la face arrière du substrat est attaquée. Il y a dégagement de BCl_3 dans le cas d'un
5 substrat de type P^+ dopé au bore ou de PCl_3 dans le cas d'un substrat de type N^+ dopé au phosphore. En plus, dans le cas de l'utilisation d'un chauffage par infrarouges, il se produit toujours une corrosion à l'interface substrat-suscepteur. Par contre, dans le cas d'un chauffage HF, il se crée un polycristal
10 qui bloque l'exodiffusion de BCl_3 et PCl_3 après un certain délai ; il est néanmoins souhaitable d'éviter l'exodiffusion initiale.

Ainsi, il apparaît utile dans la plupart des cas de protéger la face en contact avec le susceptible ainsi d'ailleurs que les flancs de la plaquette semiconductrice. Pour ce faire,
15 l'une des solutions envisagées dans l'art antérieur consiste à revêtir la face arrière et les faces latérales d'une couche de silicium polycristallin (d'une épaisseur de 1 à 1,5 micron). Cette solution s'est avérée relativement efficace dans le cas où l'on cherche à obtenir une couche épithaxiée de type N à dopage
20 relativement élevé, notamment quand on cherche à obtenir une couche dont la résistivité est inférieure ou égale à une valeur limite de l'ordre de 15 ohms par cm. Mais, si l'on cherche à obtenir une résistivité plus importante, c'est-à-dire une couche épithaxiée moins dopée, l'exodiffusion de dopant à partir de la
25 face inférieure du substrat devient gênante et, en outre, il tend à se produire une corrosion qui consomme le silicium polycristallin précédemment déposé.

Dans le cas d'une application à des transistors haute tension, il faut pouvoir atteindre une valeur de résistivité
30 relativement élevée, par exemple de l'ordre de 35 ohms par cm si la tension est supérieure à 400 volts. En outre, indépendamment de cette limite quant aux valeurs de résistivité que l'on peut obtenir à la surface supérieure de la couche épithaxiée, l'un des inconvénients de l'art antérieur réside dans le fait que l'on
35 obtient une mauvaise reproductibilité, c'est-à-dire qu'au cours d'opérations d'épithaxie successives, on pourra obtenir des couches épithaxiées de résistivités distinctes.

Ainsi, un objet de la présente invention est de prévoir un nouveau procédé pour obtenir des couches épitaxiées homopolaires avec des bonnes reproductibilités de dopage.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir
5 un procédé d'obtention de couche épitaxiée pouvant avoir un faible niveau de dopage, c'est-à-dire une forte valeur de résistivité.

Un autre objet de la présente invention est de prévoir un procédé de fabrication de transistors de puissance comprenant
10 une couche épitaxiée homopolaire selon l'invention.

Pour atteindre ces objets ainsi que d'autres, la présente invention prévoit un procédé de fabrication d'un élément semiconducteur à partir d'un substrat fortement dopé consistant à procéder à une épitaxie sur la face supérieure du
15 substrat après avoir revêtu la face arrière et les faces latérales de celui-ci d'une première couche de silice thermique et d'une deuxième couche de nitrure de silicium ; diffuser un dopant de type de conductivité opposé dans la couche épitaxiée en conservant la double couche précédente comme masque de diffusion pour la face arrière ; enlever la couche de nitrure et la
20 couche d'oxyde des faces inférieure et latérale ; masquer partiellement la face supérieure ; et effectuer une diffusion d'un dopant du type de conductivité du substrat dans les zones non masquées de la face supérieure et de la face inférieure.

25 Ces objets, caractéristiques et avantages ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un substrat sur un susceptible ;
30 et

- les figures 2 à 5 illustrent des étapes successives de fabrication d'un transistor selon la présente invention.

La figure 1 représente, comme cela a été mentionné précédemment, un substrat 1 très fortement dopé, de type N^+ ou P^+
35 posé sur un susceptible 2. Pour simplifier la description ultérieure, on supposera que le substrat est de type N^+ . On désignera par face supérieure du substrat la face non en contact avec le susceptible et par face inférieure la face en contact avec celui-ci. La face supérieure est désignée par la référence 3 et la face

inférieure par la référence 4. Dans un souci de simplification, on a également représenté dans les figures le substrat comme destiné à fabriquer un dispositif à semiconducteur unique. Bien entendu, dans la pratique, ce substrat est destiné à être divisé en de nombreuses pastilles correspondant chacune à un dispositif semiconducteur. En outre, au cours des diverses étapes de traitement, plusieurs substrats seront simultanément traités dans un réacteur d'épithaxie puis dans un four de diffusion.

Les principales étapes de formation d'une couche épithaxiée selon la présente invention vont maintenant être décrites en relation avec les figures 2 et 3. Le substrat 1 est d'abord uniformément revêtu d'une couche 10 de silice thermique. Cette couche de silice étant elle-même recouverte d'une couche 11 de nitrure de silicium (Si_3N_4). La couche de silice peut avoir une épaisseur de l'ordre de 0,2 micron et la couche de nitrure une épaisseur de l'ordre de 0,1 micron. On notera à ce propos que, par souci de clarté, les figures ne correspondent absolument pas à une échelle et que les relations entre les épaisseurs des diverses couches doivent être interprétées d'après les chiffres éventuellement indiqués dans la présente description ou courants dans la technique et en aucun cas en relation avec des mesures effectuées sur les figures.

Les ordres de grandeur d'épaisseur de la couche de silice thermique et de la couche de nitrure sont importants. En effet, si la couche de silice thermique est trop épaisse, il tend à se produire des craquelures dans le Si_3N_4 . De même, si la couche de silice thermique était trop faible ou même n'existait pas, les piqûres pouvant exister dans la couche de nitrure apporteraient un grave inconvénient. La couche de silice thermique peut par exemple être obtenue dans un four à 1000°C avec une montée en température de 4°C par minute en présence de N_2 et de HCl à 3 % dans de l'oxygène. Le dépôt de la couche de nitrure de silicium doit de préférence être effectué par le procédé de dépôt en phase vapeur chimique à faible pression (pour mettre du Si_3N_4 sur la tranche de la plaquette).

Ensuite, on dégage la face supérieure 3 du substrat, par exemple par la succession d'étapes suivantes :

- trempage du substrat dans une résine photosensible,
- isolation de la face supérieure et enlèvement de la résine sur cette face,

- attaque au plasma des couches de nitrure et de silice se trouvant sur la face supérieure,
- nettoyage de la résine.

Alors, le substrat tel que représenté en figure 3, est posé sur le suscepteur 2 et l'épitaxie prend place pour fournir une couche épitaxiée 12 de type N au dessus de la face supérieure 3 du substrat. La double couche de silice et de nitrure (10, 11) empêche l'exodiffusion du dopant contenu dans le substrat de type N^+ qui viendrait polluer l'atmosphère du réacteur d'épitaxie et doper plus que cela n'est souhaité la couche épitaxiée 12. Par ce procédé, on a pu obtenir des valeurs de résistivité comprises entre 60 et 80 ohms/cm pour des couches épitaxiées pouvant avoir une épaisseur allant jusqu'à 120 μm alors que par les procédés de l'art antérieur, on ne pouvait dépasser 40 ohms pour des couches d'une épaisseur de l'ordre de 20 μm et 15 ohms pour des couches d'une épaisseur supérieure à 50 μm .

Ce qui précède concerne un des aspects fondamentaux de la présente invention. Néanmoins, la prévision d'une plaquette constituée d'un substrat de type N^+ et d'une couche épitaxiée de type N ne constitue pas en soi un dispositif semiconducteur utilisable. De façon générale, dans la pratique, on procédera à une diffusion de la face supérieure de la couche épitaxiée 12 selon un type de conductivité opposé pour obtenir une couche 13 de type P telle que représentée en figure 4. Selon un avantage de la présente invention, lors de cette étape de diffusion, la double couche (10, 11) peut avantageusement être maintenue en place pour empêcher le dopant de type P qui peut par exemple être du bore ou du gallium ou autre dopant connu, de diminuer le dopage de la face inférieure du substrat de type N^+ . On profite donc dans cette étape de l'écran constitué de la double couche déposée précédemment et il n'est plus nécessaire comme dans le cas des procédés de l'art antérieur d'effectuer spécialement avant la diffusion, une protection de la couche inférieure.

Avant de réaliser la diffusion émetteur pour réaliser par exemple un transistor NPN, on enlèvera la double couche 10,

11, après la diffusion de type P, par exemple par la succession de l'étape suivante :

- protection par une résine de la face supérieure (à la tournette, ou par projection avec un pistolet électro-5 statique),
- attaque de l'écran au plasma,
- enlèvement de la résine.

On procédera ensuite, à une diffusion localisée 14 de type N dans la couche 13 de type P (voir figure 5). Lors de cette étape, 10 la face inférieure du substrat n'est pas protégée car il est au contraire avantageux de surdoper cette face inférieure pour faciliter les connexions ohmiques ultérieures.

Outre l'avantage précédemment énoncé, que le procédé selon la présente invention permet d'obtenir une couche épitaxiée 15 de faible dopage, c'est-à-dire de forte résistivité, la présente invention permet d'obtenir une bonne reproductibilité des phénomènes étant donné qu'il ne se produit plus d'augmentation parasite du dopage de la couche épitaxiée liée à l'exodiffusion en provenance du substrat N^+ .

20 La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été spécifiquement décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et modifications accessibles à l'homme de l'art.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de formation d'une couche épitaxiée homopolaire sur un substrat semiconducteur fortement dopé posé sur un suscepteur, caractérisé en ce que, avant de procéder à l'épitaxie, le substrat est revêtu sur sa face arrière et ses 5 faces latérales d'une première couche de silice thermique et d'une deuxième couche de nitrure de silicium.

2. Procédé de fabrication d'un élément semiconducteur caractérisé en ce qu'il comprend l'étape de formation d'une couche épitaxiée selon la revendication 1, et une étape de 10 diffusion d'un dopant de type de conductivité opposé dans la couche épitaxiée en conservant la double couche précédente comme masque de diffusion.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

15 - enlever la couche de nitrure et la couche d'oxyde des faces inférieure et latérales,
 - masquer partiellement la face supérieure,
 - effectuer une diffusion d'un dopant du type de conductivité du substrat dans les zones non masquées de la face 20 supérieure et dans la face inférieure.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'épaisseur de la première couche de silice thermique est de l'ordre de 0,2 micron et l'épaisseur de la deuxième couche de nitrure de silicium de l'ordre de 0,1 25 micron.



THIS PAGE BLANK (USPTO)